



Universidad de Valladolid
Grado en Enfermería
Facultad de Enfermería de Valladolid

UVa

Curso 2019-2020
Trabajo de Fin de Grado

**ELABORACIÓN DE UN ATLAS DE
IMÁGENES
HISTOLÓGICAS PARA LA DOCENCIA
DE LA BIOLOGÍA EN EL GRADO DE
ENFERMERÍA.
TEJIDO Y SISTEMA NERVIOSO.**

Alejandro Martínez Martínez

Tutor/a: Dr. Francisco Javier Agudo Bernal

Cotutor/a: Dr. Girish Srivastava

RESUMEN

Se realiza una clasificación y descripción de los conceptos más generales de la materia de neurohistología, a través de un atlas histológico que muestre las imágenes más claras y precisas, para facilitar a los alumnos del grado de Enfermería de la Universidad de Valladolid el estudio de la asignatura de Biología. Para ello se utilizan imágenes contrastadas obtenidas de las páginas web y artículos de Universidades de todo el mundo que ponen este material a libre disposición para fines docentes.

Palabras clave: Neurohistología, Investigación educativa, Atlas fotográfico.

The purpose of this work is to describe and classify the most general concepts of neurohistology subject, by means of a histological atlas meant to show the most comprehensible and accurate images, to facilitate the study of biology subject to nursing students at the University of Valladolid. To achieve this, contrasted images obtained from articles and webs of universities around the world that make this material available for teaching purposes have been used.

Keywords: Neurohistology, Educational investigation, Histological atlas.

ÍNDICE

| | |
|----------------------------|--------------|
| ❖ Introducción..... | Pág. 1 - 2 |
| ❖ Objetivos..... | Pág. 3 |
| ❖ Metodología..... | Pág. 4 - 5 |
| ❖ Material y métodos..... | Pág. 6 - 8 |
| ❖ Desarrollo del tema..... | Pág. 9 - 26 |
| ▪ Tipos celulares..... | Pág. 10 - 17 |
| ▪ SNC..... | Pág. 17 - 24 |
| ▪ SNP..... | Pág. 24 - 26 |
| ❖ Conclusiones..... | Pág. 27 |
| ❖ Bibliografía..... | Pág. 28 - 29 |

ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS

| | |
|---|--------------|
| ❖ Tabla 1.1: Estrategias para la búsqueda de artículos en las bases de datos | Pág. 4 - 5 |
| ❖ Tabla 2.1: Origen primitivo de los órganos encefálicos | Pág. 17 - 18 |
| ❖ Tabla 2.3: Explicación de las capas corticales del cerebro a través del modelo de Brodmann | Pág. 20 |
| | |
| ❖ Figura 1.1 Neurona de la corteza cerebral con técnica de Golgi.... | Pág. 11 |
| ❖ Figura 1.2: Representación esquemática de los diferentes tipos de neuronas según sus prolongaciones | Pág. 12 |
| ❖ Figura 1.3 Astrocito teñido con proteína gliofibrilar ácida y vimentina..... | Pág. 13 |
| ❖ Figura 1.4 Oligodendrocito en cerebelo teñido con el método de Kluver-Barrera | Pág. 14 |
| ❖ Figura 1.5 Fotomicrografía de oligodendrocitos | Pág. 14 |
| ❖ Figura 1.6 Ependimocitos | Pág. 15 |
| ❖ Figura 1.7 Célula de Schwann rodeada de varias capas de mielina teñida con impregnación de nitrato de plata | Pág. 15 |
| ❖ Figura 1.8 Corte de ganglio espinal aumentada 20 veces..... | Pág. 16 |
| ❖ Figura 1.9 Microglía en estado de reposo en corteza cerebral | Pág. 17 |
| ❖ Figura 2.1: Desarrollo embriológico de la porción cefálica..... | Pág. 18 |
| ❖ Figura 2.2 Citoarquitectura de corte cerebral. Impregnación de Nissl | Pág. 19 |
| ❖ Figura 2.3 Representación esquemática de neuronas integrantes de la sustancia gris de la corteza cerebral y las conexiones sinápticas que se establecen entre ellas | Pág. 21 |
| ❖ Figura 2.4 Fotomicrografía de corteza cerebral. Impregnación argéntica, método de Camilo Golgi. | Pág. 21 |
| ❖ Figura 2.5 Fotomicrografía a menor aumento de una sección sagital del cerebelo | Pág. 22 |
| ❖ Figura 2.6 Citoarquitectura de corteza cerebelosa. Tinción de Kluver-Barrera | Pág. 22 |

- ❖ Figura 2.7 Cerebelo de pollo. Células de Purkinje de cuyo soma parte un axón delgado con ensanchamientos varicososPág. 23
- ❖ Figura 2.8 Esquema de las regiones de la médula espinal de humanos, presentes en el resto de vertebradosPág. 23
- ❖ Figura 2.9 Citoarquitectura de medula espinal Impregnación de NisslPág. 24
- ❖ Figura 3.1 Representación esquemática de una sección transversal de un nervio. El tejido teñido con el tricrómico de Van Gieson..... Pág. 25
- ❖ Figura 3.2 Ganglio raquídeo de rata. Tricrómico de MalloryPág. 26

INTRODUCCIÓN

La histología es la rama de la medicina que se encarga del estudio de los tejidos del organismo: estructura, desarrollo y funciones. Nace de la propia necesidad humana de estudiar y conocer la organización funcional de los seres vivos a nivel microscópico, es decir, dejando a un lado lo que puede observarse a simple vista. ⁽¹³⁾

Por supuesto, el progreso de esta ciencia no pudo desarrollarse hasta el 1590 con la invención del microscopio a manos de los holandeses Zaccharias Janssen (1587- 1638) y Hans Janssen (1534 – 1592) ⁽³⁾. La refracción de varias lentes superpuestas permitía la observación de una imagen aumentada, desarrollándose así la microscopía o ciencia que se encarga del estudio de objetos pequeños a través de grandes aumentos.

Gracias al desarrollo de este instrumento, la evolución del conocimiento de las células ha ido aumentando desde uno de los primeros modelos que se dieron a conocer (Robert Hooke, 1635 – 1703), hasta el modelo más actualizado que mantenemos hoy en día.

Para poder explicar durante años cualquier fundamento de la biología celular, esta ciencia se ha valido de las imágenes que se podían captar a través del microscopio y las diferentes técnicas de preparación histológica. De esta manera se comenzaron a crear lo que se conocen como atlas de histología descriptiva, atlas histológicos o atlas fotográficos. Numerosos autores como *Higbee* ⁽⁹⁾ en 1991 o *Shaver, Lang y Pierson* en 1974 ⁽¹⁹⁾, aseguraban que las imágenes mentales provocaban un efecto positivo tanto en el aprendizaje a través de la memoria, como en el razonamiento deductivo. ⁽⁷⁾

Hoy en día, el acceso a este tipo recursos se ha informatizado, y disponemos de bastantes herramientas para poder acceder a gran parte de las bases de datos que almacenan este tipo de imágenes con las que tanto el alumno como el profesorado pueden valerse para desarrollar su tarea. Algunos ejemplos de recopilación de imágenes los podemos encontrar en las páginas web de la sección de histología de la Universidad de Yale o de la Universidad de Michigan. Gracias a su clasificación histológica, se puede realizar un recorrido fotográfico a través de los apartados más importantes de la biología celular en

tejidos, permitiendo que el alumno sea capaz de identificar cada elemento teórico sin confusiones.

Con este atlas se busca permitir que los alumnos de la facultad de Enfermería de la Universidad de Valladolid, sean capaces de distinguir, reconocer e interpretar los diferentes modelos histológicos, para poder implementar más fácilmente esos conocimientos a su proceso memorístico.

En concreto en este atlas histológico, nos centraremos en la parte de neurohistología. La estructura del sistema nervioso ha sido prácticamente desconocida hasta la aparición de los estudios de Santiago Ramón Y Cajal. Con su investigación sobre la morfología y procesos cognitivos de la célula nerviosa se ha podido desarrollar un modelo más exacto del entramado que compone todo el tejido nervioso. Sin embargo a día de hoy, todavía sigue siendo uno de los sistemas más complejos en el estudio de sistemas, y ha sido el descubrimiento de otros métodos de investigación, lo que ha llevado a la reconsideración y actualización de los resultados obtenidos.

Se realizará un resumen general que permita distinguir los conceptos más generales del sistema nervioso (introducción del tejido, neuronas y neuroglía) para después realizar una clasificación histológica de las estructuras y subestructuras más importantes tanto del sistema nervioso central (encéfalo, médula espinal y meninges) como del sistema nervioso periférico.

La asignatura de Biología es uno de los elementos base en el estudio de la Enfermería, resuelve las dudas más generales acerca del conocimiento de nuestro cuerpo y de los organismos vivos que pueden influir en su evolución, desarrollo y distribución. Sin embargo el apartado de histología es uno de los más complejos tanto en el apartado teórico como en el práctico. Algunos autores como Peresan y Adúriz Bravo (2017) ⁽¹⁶⁾, sostienen que estas complicaciones nacen de la observación necesaria para el entendimiento de esta materia, y que una identificación visual complementada con las observaciones microscópicas correspondientes ayudarían al alumno a acercarse al conocimiento de esta. Según Hanson (1958) ⁽⁸⁾, para que el alumno pueda desarrollar fácilmente el conocimiento teórico, es necesario que no solo repare en que observar, sino como hacerlo y como describirlo.

OBJETIVOS

Con este trabajo se pretende poner a disposición de los alumnos del grado de Enfermería de la Universidad de Valladolid, información y material para el estudio del apartado de histología en la asignatura de Biología, concretamente la parte sobre neurohistología.

Por tanto uno de los objetivos principales es explicar, aclarar y facilitar el estudio de conceptos relacionados con la asignatura. La finalidad de este trabajo, tal como se menciona en el título, es la docencia; por tanto es necesario que todos los datos e imágenes mostradas deben ser fácilmente entendibles y estudiable por alumnos con un nivel acorde a los primeros cursos universitarios. Este objetivo no se puede considerar del todo comprobable, ya que los alumnos no van a poder visualizar el trabajo completo. La parte que se va a mostrar en las clases será simplemente el cuerpo del trabajo, reservado solo para los conceptos relacionados con la histología.

Con el temario mostrado en este atlas no solo se pretende mostrar y enseñar conceptos relacionados con la parte más teórica de la asignatura, si no que otro de los objetivos marcados, es incrementar los conocimientos de los alumnos en referencia a las bases de datos online. El alumno debe conocer cuáles son las páginas web de las que puede servirse para encontrar el material estudiado, y si es necesario, material añadido para su conocimiento.

Por supuesto, todos estos objetivos, van a ponerse a disposición del docente encargado de impartir la asignatura teórica-práctica, ya que es el profesor quien se encarga de organizar y clasificar los conceptos estudiados en la asignatura. Este trabajo no pretende sustituir material utilizado en las clases de la asignatura, si no ser un complemento que pueda utilizarse en beneficio tanto del alumnado como del profesorado.

METODOLOGÍA

Como bien se ha explicado en el apartado anterior, el objetivo principal de este trabajo es la recopilación y estructuración de la información para facilitar la aclaración de la información en el ámbito docente. Por tanto, la modalidad de trabajo académico que va a prevalecer en todo momento va a ser una investigación educativa, un tipo de estudio en el que prevalece el lenguaje técnico para evitar provocar confusiones en el receptor. Además el estudio que se realiza se basa en investigaciones empíricas con base científica, dejando a un lado cualquier tipo de especulación siempre manteniendo una fórmula sencilla y explicativa.

Al tratarse de un trabajo en el que prevalecen los conceptos más generales, la bibliografía más utilizada ha sido extraída de libros científicos y artículos suministrados por las propias universidades y por el tutor de este trabajo, siempre centrándose en los conceptos de neurohistología y atlas fotográficos.

Otras páginas de las que se ha extraído información y material son: Apartado de histología del campus virtual de la universidad de Salamanca, Departamento de Biología Funcional y Ciencias de la salud de la Universidad de Vigo, apartado de histología de la universidad de Yale, apartado de histología de la Universidad de Michigan y apartado de histología de la Universidad de Zaragoza.

En cuanto a los artículos utilizados se han realizado diferentes estrategias para su búsqueda en las bases de datos (tabla 1.1):

Tabla 1.1 Estrategias para la búsqueda de artículos en las bases de datos

| | |
|----------------|--|
| Bases de datos | <ul style="list-style-type: none"> – Dialnet: https://dialnet.unirioja.es/ – ResearchGate: https://www.researchgate.net/ – Pubmed: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/ |
| Palabras Clave | Histología, neurohistología, historia, atlas fotográfico, aprendizaje, tejidos biológicos. |

| | |
|-------------------------|---|
| Operadores booleanos | AND y OR |
| Estrategias de búsqueda | <ul style="list-style-type: none">– Idioma: Inglés y castellano– Artículos de revista |
| Criterios de inclusión | <ul style="list-style-type: none">– Artículos basados en evidencias científicas– Artículos con conceptos generales de la neurohistología o el aprendizaje a través de imágenes, descartar aquellos que se centren en una sola parte de la materia. |
| Criterios de exclusión | <ul style="list-style-type: none">– Aquellos que no cumplan los criterios de inclusión. |

MATERIAL Y METODOS

Proceso de preparación de muestras ^(12, 1, 15)

Las muestras utilizadas para realizar la elaboración del proceso provienen de porciones de tejido humano. Las muestras se obtienen de órganos procedentes de biopsias intraoperatorias o de autopsias anatomopatológicas o forenses, siempre con el consentimiento informado del paciente o del juez.

Una vez adquirida la muestra se realizará el siguiente paso: la fijación. En caso de los tejidos vegetales o biopsias de animales se utilizara para la fijación la técnica de inmersión. En esta técnica la muestra se sumerge en una solución fijadora con osmolaridad y PH similar al del tejido. En el caso de los órganos animales, se utilizara la técnica de perfusión, en la que se introduce la sustancia fijadora por la red de capilares del sistema circulatorio permitiendo que llegue a toda las células del tejido. Esta última técnica normalmente es más efectiva ya que la solución alcanza gran parte de la masa total. El fijador que se utilice debe ser elegido dependiendo de las características de la muestra y de su posterior tratado (inclusión, corte, tinción y observación).

Algunas muestras pueden ser alteradas con este tipo de fijación química, por lo que el proceso que se realiza es el de congelación rápida. Además esta técnica permite que su posterior proceso de corte pueda realizarse a través de un vibratomo o micrótomos de congelación, permitiendo cortes de hasta 40 μm .

El siguiente proceso que se realiza es el de inclusión. La finalidad de esta técnica es la de endurecer la muestra para evitar la rotura de estructuras celulares. Los medios de inclusión no son normalmente hidrosolubles por lo que es necesario sustituir el agua de la estructura orgánica por solventes orgánicos liposolubles y posteriormente sustituirlos por medios de inclusión como la parafina o la resina sintética.

El siguiente paso a realizar en el proceso es la obtención de secciones a través del corte. Se pueden encontrar distintos tipos de corte dependiendo del grosor que se quiere obtener: ultrafinas (50 a 200nm), semifinas (de 0,5 a 2 μm), finas (de 3 μm a 10 μm) y gruesas (más de 10 μm). Si la muestra va a ser observada mediante microscopio electrónico, la técnica de corte se realizará mediante ultamicrotomo, pero no será necesario el proceso de tinción. En caso

de que vaya a ser observado por microscopio óptico, normalmente se utilizara microtomo, no sin antes haber utilizado la técnica de inclusión de parafina o resina sintética.

Uno de los últimos pasos a realizar es la tinción de los tejidos, normalmente incoloros, para poder realizar una posterior observación mucho más simplificada. Para ello se utilizan unas soluciones hidroacuosas denominadas colorantes.

Tinciones más utilizadas en neurohistología ^(1, 15, 2)

- **Tinción de Nissl:** Esta técnica se puede utilizar para tanto el tejido nervioso como para ácidos nucleicos de otros tipos de tejidos. En este caso los colorantes que se utilizan son el violeta de cresilo y el azul de toluidina. Esta técnica permite teñir los denominados cuerpos de Nissl: gránulos que se encuentran en el pericarión y dendritas de las neuronas. Las muestras deben haber pasado por un proceso de fijación con formaldehído e inclusión con parafina. Para eliminar esos componentes se utilizan productos como el xileno y el alcohol a diferentes graduaciones para finalmente imbuirlo en H₂O destilada. El tejido se baña durante 5 o 10 minutos en el colorante y se finaliza con un lavado de H₂O destilada y una comprobación con alcohol 100° y xileno. El color resultante es el de un fondo purpura con los cuerpos de color violeta o rosa.
- **Metodo Kluver-Barrera:** La tinción es similar a la de Nissl. Se utiliza el violeta de cresilo y el *luxol fast blue* o colorante de mielina. Se utiliza para la observación de los núcleos gliales y las prolongaciones mielínicas de las neuronas. El primer colorante utilizado (mielina), debe ser extraído con alcohol al 96% y solución de carbonato de litio. Se lava con agua destilada y se tiñe con el violeta de cresilo durante 6 minutos, añadiendo previamente unas gotas de ácido acético. Se finaliza con una diferenciación de alcohol 96%.
- **Método de nitrato de plata:** ⁽¹⁷⁾ Este tipo de tinción alcanzó su máximo esplendor cuando Ramón i Cajal mejoró la técnica utilizada por Golgi en 1873, para un descubrimiento más concreto de la histología del sistema nervioso. En este tipo de técnicas es necesario utilizar agua destilada o

bidestilada y evitar el uso de instrumentos metálicos. El tejido previamente se sumerge durante 2 días en una solución de piridina con agua destilada, para después lavar de nuevo con agua durante 12 horas. Una vez realizada la inmersión y el corte por congelación, se lava con agua destilada y se introduce en nitrato de plata al 10% o 20% junto con unas gotas de piridina. La duración dependerá si se sumerge en un medio caliente o frío. La solución se reduce durante 3 min en formol al 25% y finalmente se lava y aclara con abundante agua destilada. Normalmente se utiliza para terminaciones axónicas; el resultado es un fondo claro amarillento con las terminaciones en color negro.

- Impregnación de oro: Esta técnica al igual que la anterior, fue utilizada por Ramón i Cajal para el estudio de los astrocitos. Al utilizar un metal como colorante es necesario tener las mismas precauciones que en la tinción por nitrato de plata. Durante el proceso se realiza lo que se conoce como baño áureo, en la que se sumergen los cortes en una solución de cloruro de oro durante 5 horas aproximadamente. Posteriormente se lava con agua destilada, se vuelve a fijar con la solución utilizada en la primera fijación y se lava con alcohol 70%.

DESARROLLO DEL TEMA

El sistema nervioso recoge información del propio organismo y del entorno que le rodea, procesa esa información y genera respuestas para el control del funcionamiento del organismo, además de respuestas para su propia supervivencia. Esta función la realiza a través de una serie de órganos encargados de recibir información, transmitirla, procesarla y producir las respuestas adecuadas. Para poder realizar un estudio histológico de los componentes más relevantes del sistema, es necesario hacer una clasificación de estos según sus divisiones principales. ^(4, 11)

TIPOS CELULARES

- Neurona
 - Bipolar
 - Unipolar
 - Multipolar
- Neuroglía
 - SNC (Astrocitos, oligodendrocitos y ependimocitos)
 - SNP (Células de Schwann y células satélite)
- Microglía

SNC

- Encéfalo
 - Cerebro (telencéfalo)
 - Cerebelo (metencefalo)
- Medula espinal

SNP

- Nervios craneales
- Nervios raquídeos o periféricos
- Ganglios

TIPOS CELULARES

Los componentes que van a formar parte del tejido nervioso tal y como se han mencionado en la clasificación realizada son: Las neuronas, elemento principal del sistema nervioso; las células de la neuroglia, encargadas del soporte, trofismo y protección de las neuronas; La microglía, encargada de la defensa y representante del sistema mononuclear – fagocítico en dicho tejido. ⁽⁵⁾

NEURONAS (4, 9, 10, 18)

Es el elemento noble del sistema nervioso, representando la unidad estructural y funcional del tejido. Deriva del ectodermo embrionario y se encuentran dispuestas en la sustancia gris del sistema nervioso central, en los órganos de los sentidos y en ganglios nerviosos periféricos. Sus prolongaciones se extienden por la sustancia gris, sustancia blanca y nervios periféricos del tejido.

Las neuronas poseen un cuerpo celular denominado **soma, pericarión o cuerpo celular**. Varía en tamaño y forma dependiendo del tipo neuronal, clasificándose en estrelladas, esféricas, fusiformes, piramidales o cónicas. Es el cuerpo bulboso de la neurona y por tanto la parte de la neurona en la que se aloja el **núcleo celular**, la mayoría de los orgánulos y proteínas y membranas de ribosomas libres.

La funcionalidad de la neurona reside en la transmisión de los impulsos electrónicos a otras neuronas a través del proceso de sinapsis, utilizando un potencial de acción. Para poder realizar esta transmisión la neurona posee unas prolongaciones citoplasmáticas. En este caso distinguimos dos prolongaciones diferentes: dendritas o prolongaciones protoplasmáticas y axón o cilindroeje. Las **dendritas** nacen del soma o cuerpo celular constituyendo el polo receptivo de los impulsos. Son cortas, numerosas y ramificadas y generalmente no se encuentran recubiertas por mielina, sin embargo, en las porciones iniciales pueden alojarse los denominados **cuerpos de Nissl**. Dependiendo del número y tamaño de la dendrita cambiará la morfología de la neurona (figura 1.1):

- **Monopolares**: una sola prolongación muy ramificada.
 - Amacrinas de la retina, neuronas de ganglios raquídeos

- **Bipolares:** una dendrita y un axón que emergen de polos opuestos.
 - Bipolares de la retina y de la mucosa olfatoria
- **Multipolares:** varias dendritas que se prolongan en varias direcciones y un solo axón.
 - Neuronas motoras del asta anterior de la médula espinal y neuronas de Purkinje del cerebelo.

El **axón** es el encargado de transmitir el impulso eléctrico a la siguiente neurona u otros elementos del sistema nervioso. Solo se puede encontrar un axón por neurona. Posee una forma cónica y alargada, con un grosor mayor en la unión con el soma que acaba regulándose a medida que gana longitud. En este caso no se pueden encontrar grumos de Nissl, pero la mielinización es posible dependiendo del tipo celular.

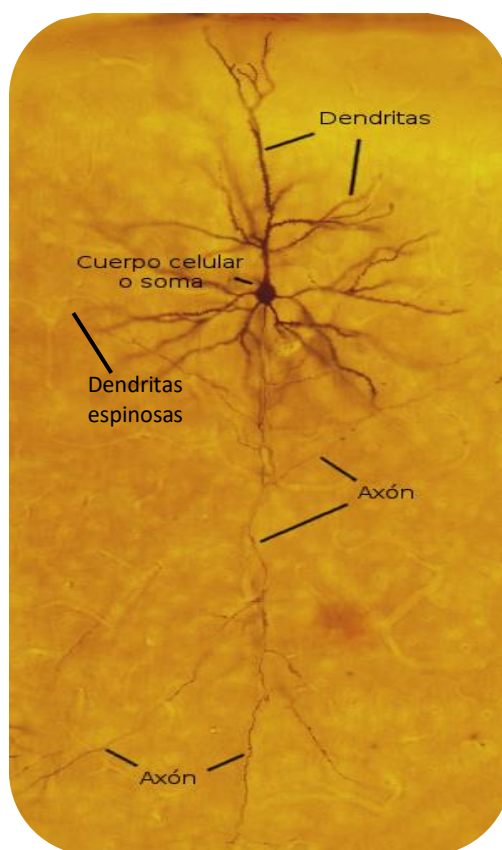


Figura 1.1 Neurona de la corteza cerebral con técnica de Golgi.
Megías M, Molist P, Pombal MA. (2019).
Atlas de histología vegetal y animal. Tipos celulares. Neuronas.
Universidad de Vigo

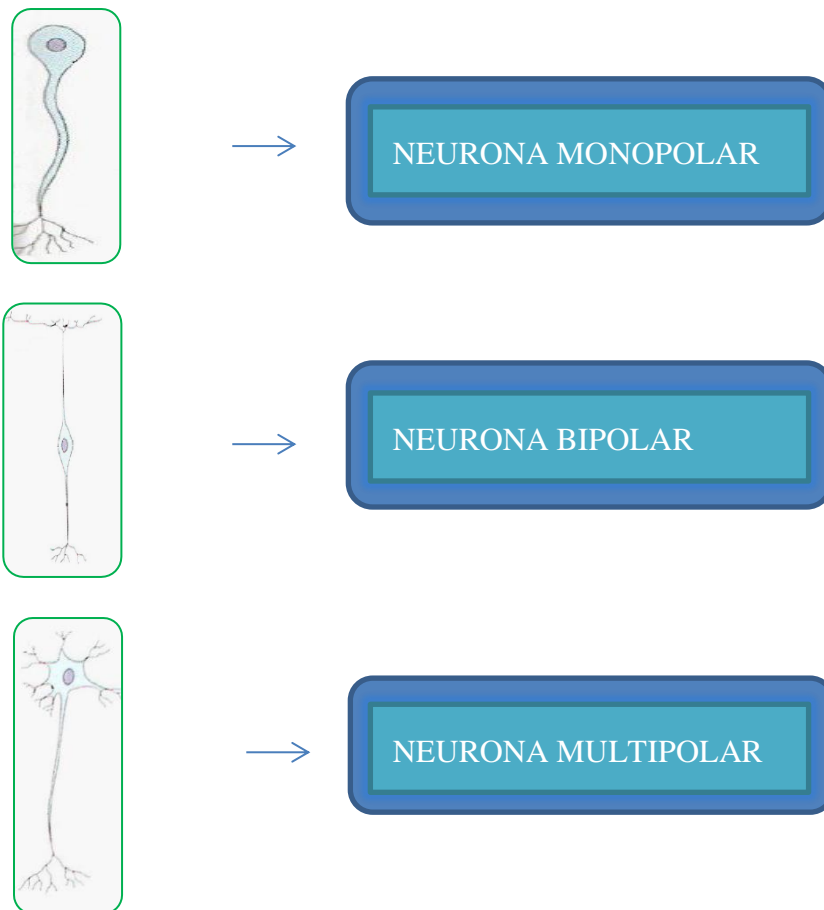


Figura 1.2: Representación esquemática de los diferentes tipos de neuronas según sus prolongaciones

. Tejido y sistema nervioso. César Eduardo Montalvo Arenas. Universidad Nacional Autónoma de México:

Departamento de biología celular.

NEUROGLÍA (4, 9)

Elementos con morfología estrellada que se disponen constituyendo una trama densa entre las neuronas y los demás elementos del sistema nervioso.

Se encargan del mantenimiento soporte y protección de los elementos mencionados, además de la modulación de las respuestas nerviosas, la defensa y reparación de los elementos y de su intervención para la formación de mielina.

A la hora de realizar una clasificación es necesario separar los elementos de la neuroglia que aparecen en el sistema nervioso central de los que aparecen en el sistema nervioso periférico.

Elementos de la neuroglía del S.N.C (4, 9, 18)

- **Astroцитos** ⁽¹²⁾ : Elementos con morfología estrellada con numerosas prolongaciones citoplasmáticas. Recubren la superficie externa del sistema nervioso y se encargan de del soporte mecánico y metabólico de la neurona, además de participar en la sinapsis junto a la neurona presináptica y postsináptica. Constan de un **núcleo** bastante voluminoso y redondeado y de unas prolongaciones citoplasmáticas denominadas **procesos astrocitarios** de los que parten unos elementos solo observables con microscopía óptica denominados **laminillas astrocitarias**.

Estos procesos astrocitarios forman una malla interneuronal o retículo encargados de envolver el soma o prolongaciones de la neurona, la superficie del sistema nervioso y capilares o vasos sanguíneos (forman aquí los denominados clásicamente pies chupadores, por la creencia de que extraían plasma sanguíneo para nutrir al tejido).

Como ya se ha mencionado de estas prolongaciones surgen numerosas laminillas astrocitarias encargadas de aumenta la extensión de la superficies de los astrocitos además de revestir elementos como paredes vasculares y las dendritas y cuerpos celulares de las neuronas.

Se pueden distinguir dos tipos de astrocitos: **protoplasmáticos y fibrosos**.

Los primeros aparecen mayoritariamente en la sust. Gris y posee prolongaciones cortas y gruesas y el segundo se aloja sobre todo en la sust. blanca y las prolongaciones son escasas pero largas (figura 1.3).

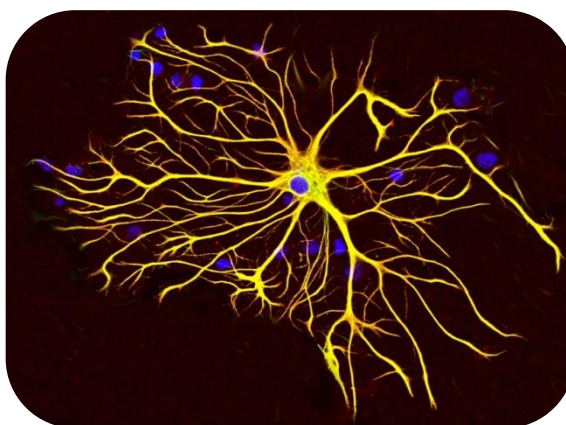


Figura 1.3 Astrocito teñido con proteína gliofibrilar ácida y vimentina. Yale.edu. University of Yale. Department of cell biology.

- **Oligodendrocitos:** Elementos más comunes de la sustancia blanca que de la gris, compuestos por **prolongaciones escasas y largas**, que se alojan entre los fascículos fibrilares o adheridos a las neuronas y vasos sanguíneos. Se encargan de la formación de cubiertas mielínicas, de la nutrición de neuronas y elementos a los que se adhieren y del sostén o mecánica sobre todo de los elementos de la sust. blanca.

El **soma o cuerpo celular** es pequeño además de redondeado y globuloso y es frecuente encontrarlo asociado a fibras mielinizadas. De él parten las prolongaciones mencionadas que se ramifican en forma de T. Algunos autores los clasifican según la densidad de su núcleo y su citoplasma en **oscuros, claros e intermedios** (figura 1.4) (figura 1.5).

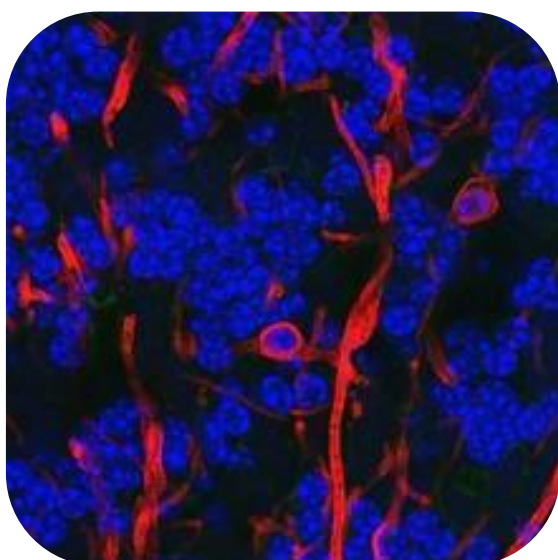


Figura 1.4 Oligodendrocito en cerebelo teñido con el método de Kluver-Barrera. Yale.edu. University of Yale. Department of cell biology.

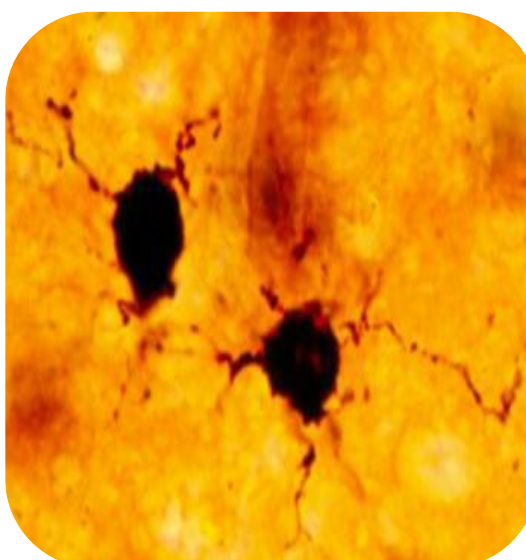


Figura 1.5 Fotomicrografía de oligodendrocitos. . Montalvo, C. E. Tejidos y sistema nervioso. Universidad Nacional Autónoma de México: Departamento de biología celular.

- **Ependimocitos:** Elementos pseudoestratificados que revisten las cavidades del encéfalo (ventrículos) y medula espinal (conducto ependimario). La mayoría de las veces poseen formas **alargadas**, aunque también pueden presentar morfologías **pavimentosas, cúbicas o prismáticas**. Respecto a su estructura, mientras que en su polo apical presenta una serie de **microvellosidades** y **estructuras ciliadas**, en el polo basal aparecen unas **prolongaciones** que pueden bifurcarse. Además, en las zonas laterales presentan **complejos de unión** y

desmosomas que intervienen en la función de sostén y de intercambio de sustancias en el líquido cefalorraquídeo (figura 1.6).

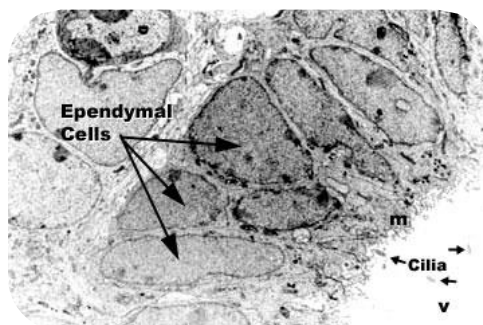


Figura 1.6 Ependimocitos. Upenn.edu. University of Pennsylvania School of Veterinary Medicine. Dr. Richard Miselis, Dr. Peter Hand. 2008

Elementos de la neuroglía en el S.N.P ^(4, 9, 6)

- **Células de Schwann** Células encargadas de la fabricación de la mielina en el sistema nervioso periférico. La **mielina** es un material homogéneo, lipoproteico que contiene un material proteínico llamado neuroqueratina. Este material sirve como aislante en las fibras nerviosas para permitir la conducción de los impulsos nerviosos de manera más específica. Estas células rodean las fibras nerviosas longitudinalmente dejando espacios entre unas y otras formando los **nódulos de Ranvier** (facilitan la conducción de impulsos a través de saltos). Las células de Schwann poseen pequeñas cantidades de citoplasma que no son eliminados cuando se forma la mielina dando lugar a unas líneas conocidas como **cisuras de Schmidt-Lanterman** (figura 1.7).

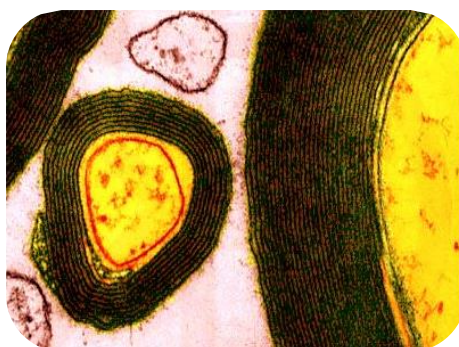


Figura 1.7 Célula de Schwann rodeada de varias capas de mielina teñida con impregnación de nitrato de plata. Iqb.es. Instituto químico biológico. Atlas de neurología.

- **Células satélite:** También denominadas células gliales. Tienen una estructura similar a la de las células de Schwann, además de que se alojan a continuación de estas envolviendo las prolongaciones periféricas y centrales de la neurona. Estas células proporcionan soporte físico, protección y nutrición para las neuronas de los ganglios en el sistema nervioso periférico (figura 1.8).

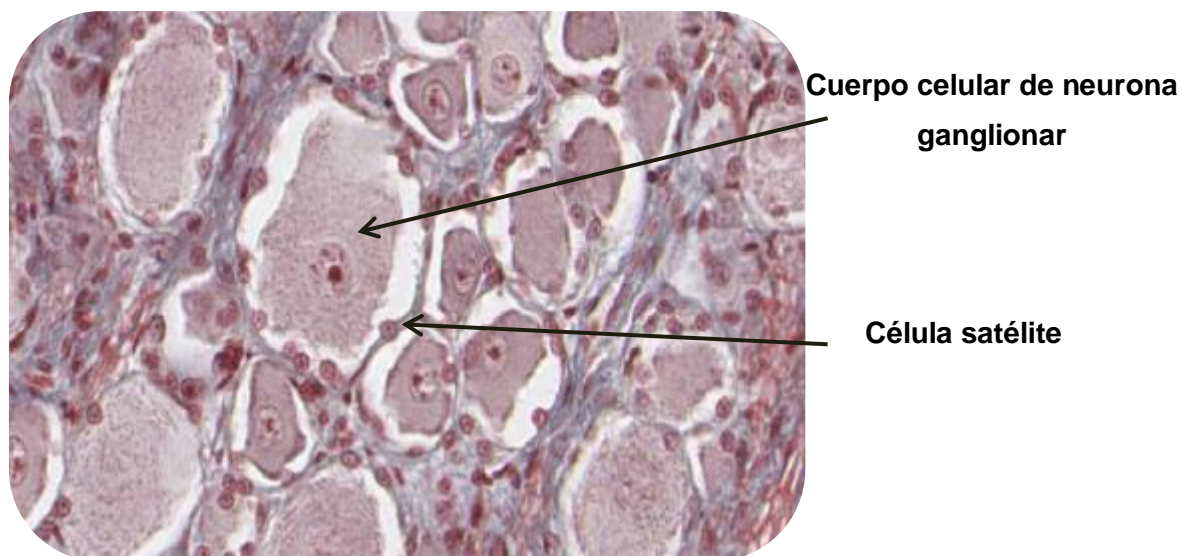


Figura 1.8 Corte de ganglio espinal aumentada 20 veces.

Department of Cell & Developmental Biology at the University of Michigan Medical School

MICROGLÍA ^(4, 6)

Forma parte de los elementos intersticiales del sistema nervioso tanto en la sustancia gris como en la blanca, aunque predomina mayoritariamente en la primera. Poseen **un cuerpo alargado o soma** con varias **prolongaciones** finas, normalmente 3 o 4, que surgen de los polos celulares y en menor medida, del propio cuerpo. Pueden presentar distintas formas dependiendo la proporción de sus elementos: En **bastoncito**, **gránulos adiposos**, **ameboideas** o **ramificadas**.

Su función más importante es la fagocitaria, ya que provienen de la diferenciación del monocito sanguíneo, aunque también pueden realizar el almacenaje de algunas sustancias como lípidos o pigmentos (figura 1.9).

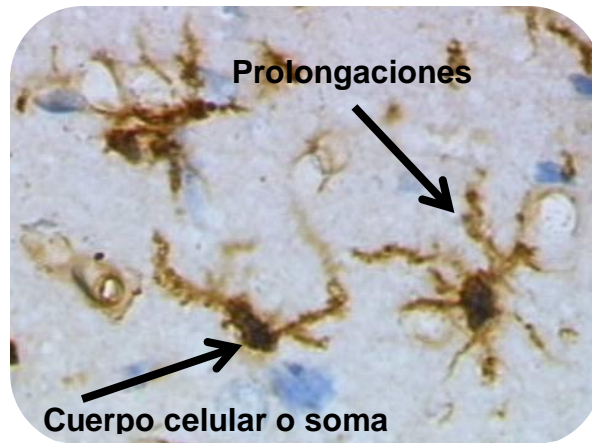


Figura 1.9 Microglía en estado de reposo en corteza cerebral.
 Yale.edu. University of Yale.
 Department of cell biology.

SISTEMA NERVIOSO CENTRAL ⁽¹⁴⁾

El sistema nervioso central está formado por dos estructuras: Encéfalo y médula espinal. Mientras que el encéfalo se sitúa dentro de la cavidad o bóveda craneana, la médula espinal se aloja en el conducto vertebral formado por la sucesión de los agujeros vertebrales.

ENCÉFALO ⁽⁵⁾

Los órganos que forman el encéfalo se originan embriológicamente a partir de las cinco vesículas cerebrales primitivas (tabla 2.1) (figura 2.1).

Tabla 2.1 Origen primitivo de los órganos encefálicos ⁽¹⁴⁾

| Vesículas cerebrales primitivas | Órganos encefálicos |
|---------------------------------|--|
| Telencéfalo | Corteza cerebral: hemisferios cerebrales y bulbo olfatorio. |
| Diencefalo | Glándula pineal o epífisis: Tálamo e hipotálamo: neurohipófisis. |
| Mesencéfalo | Pedúnculos cerebrales y tubérculos cuadrigéminos |

| | |
|--------------|--------------------------------|
| Metencéfalo | Cerebro y protuberancia anular |
| Mielencéfalo | Bulbo raquídeo |

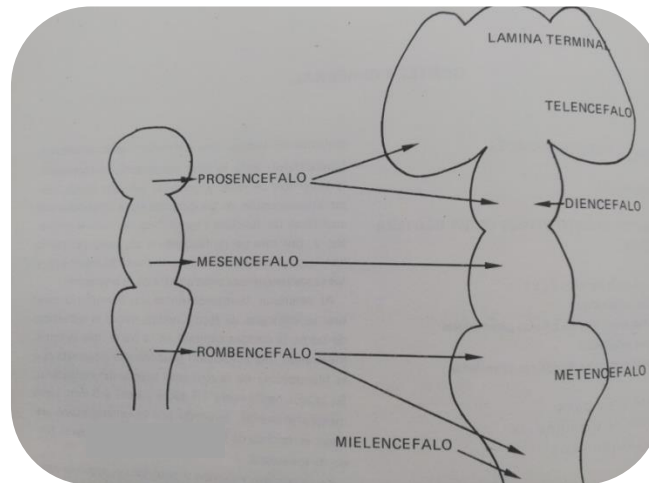


Figura 2.1: Desarrollo embrológico de la porción cefálica. L. Díaz – Flores. Neurohistología: Lecciones básicas. 1977.

El encéfalo tiene el aspecto de una masa de forma ovoidea constituido por el cerebro (hemisferios cerebrales) y el cerebelo que se apoyan sobre una porción formada por el bulbo raquídeo, la protuberancia anular o puente de Varolio, los derivados del mesencéfalo y el tálamo e hipotálamo.

Es necesario realizar una diferenciación entre esta estructura y la médula espinal en cuanto a las sustancias internas. Mientras que en el encéfalo la sustancia gris está en la periferia y la sustancia blanca corresponde a las capas más internas, en la médula espinal la conformación es completamente contraria, y por tanto la sustancia blanca se alojará en las zonas más externas y la zona interior se formará con la gris.

Cerebro (14, 5, 9,)

Este órgano está constituido tanto por el telencéfalo como el diencéfalo, es decir, tanto la corteza cerebral y los hemisferios cerebrales, como el tálamo, el hipotálamo y la hipófisis.

La corteza cerebral recubre la superficie de ambos hemisferios y constituye la capa de sustancia gris. La superficie de este órgano se incrementa gracias a

una serie de surcos que delimitan los espacios formando las llamadas **circunvoluciones o girencéfalos**, favoreciendo así el desarrollo, nutrición y conservación del tejido. Estas circunvoluciones están separadas entre sí por unos surcos o hendidura, de diferente profundidad que reciben el nombre de **fisuras o cisuras**. El espesor de la corteza cerebral es en general mayor en estas cimas donde se forman las circunvoluciones, mientras que el grosor es más regular en todas las zonas y oscila entre 1,5 mm a 5 mm.

La **sustancia gris** de la corteza cerebral se dispone hacia el interior del órgano a través de una serie de neuronas interconectadas entre sí por sus axones mielinizados.

La **sustancia blanca** cerebral la forman una serie de haces de fibras nerviosas:

- Fibras de proyección: Conectan el cerebro con partes más bajas del sistema nervioso.
- Fibras de asociación: Conectan neuronas de una parte de la corteza con otras del mismo hemisferio
- Fibras comisurales que se dirigen de un hemisferio a otro.

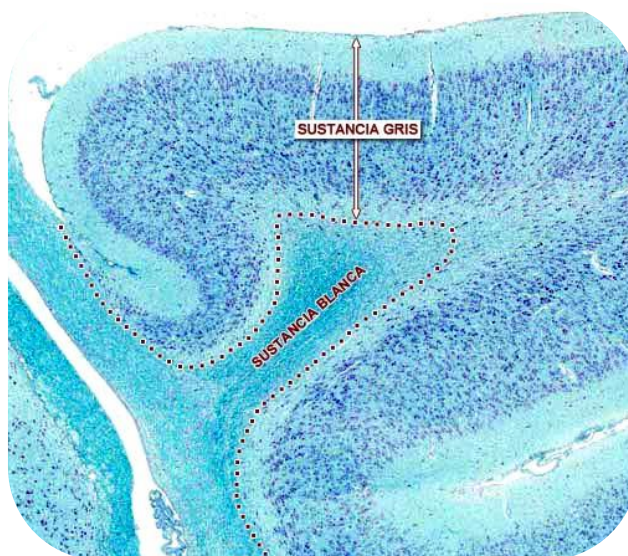


Figura 2.2 Citoarquitectura de corte cerebral.
Impregnación de Nissl. Universidad de Zaragoza. Apartado de histología.

Para poder explicar la organización de los elementos constitutivos de la corteza cerebral uno de los modelos más utilizados es el de las capas corticales de Brodmann. Este modelo sostiene que la distribución de los elementos de la

corteza se puede delimitar a través de estratos en diferentes profundidades. A continuación se describirán las 6 capas de neuronas que integran la corteza de los hemisferios cerebrales (tabla 2.2) (figura 2.2) (figura 2.3) (figura 2.4):

Tabla 2.2: Explicación de las capas corticales del cerebro a través del modelo de Brodmann ⁽²⁾

| Capas | Denominaciones | Características generales | Neuronas predominantes |
|-------|---|--|---|
| I | Superficial, molecular o plexiforme | Pobre en células Rica en fibra Astrocitos marginales | Neuronas estrelladas horizontales y de axón corto. Células gliales |
| II | Granulosa externa Capa de pirámides pequeñas | Rica en células Fibras dendríticas y axónicas | Neuronas piramidales pequeñas Neuronas estrelladas de axón corto. Células de Martinotti (pequeñas neuronas multiformes) |
| III | Piramidal externa Capa de pirámides grandes y medianas | Abundancia de células piramidales Axones descienden hacia la sust. blanca | Neuronas piramidales Neuronas estrelladas de axón corto Células de Martinotti |
| IV | Granular Granulosa interna | Abundantes células Gran variabilidad de grosor | Neuronas estrelladas de axón corto Neuronas piramidales estrelladas Células de Martinotti |
| V | Ganglionar Piramidal interna | Células piramidales Densidad celular baja | Neuronas piramidales grandes y medianas Neuronas estrelladas de axón corto |
| VI | Capa de neuronas poliformes Multiforme | Continuación de la sust. blanca Variabilidad de neuronas | Células fusiformes Neuronas estrelladas de axón corto Neuronas piramidales grandes y medianas |

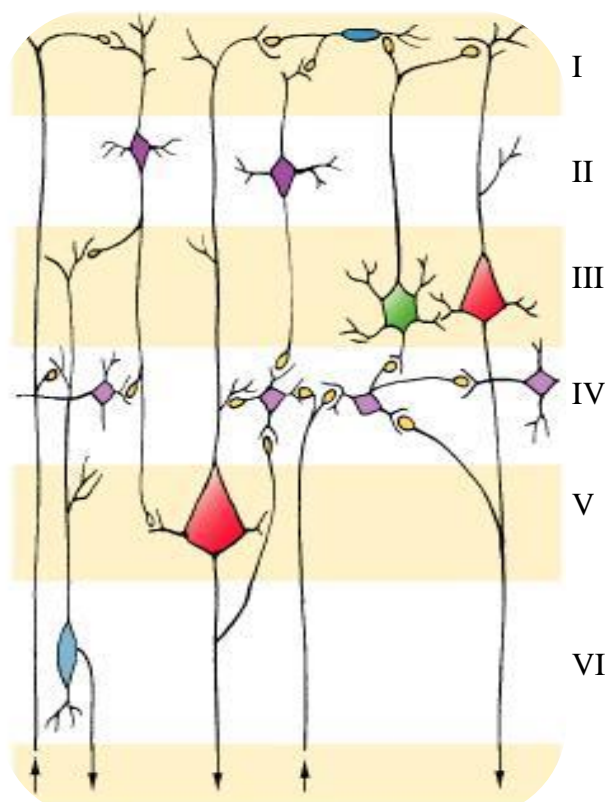


Figura 2.3 Representación esquemática de neuronas integrantes de la sustancia gris de la corteza cerebral y las conexiones sinápticas que se establecen entre ellas. Ross y Pawlina. Histología, 2008.

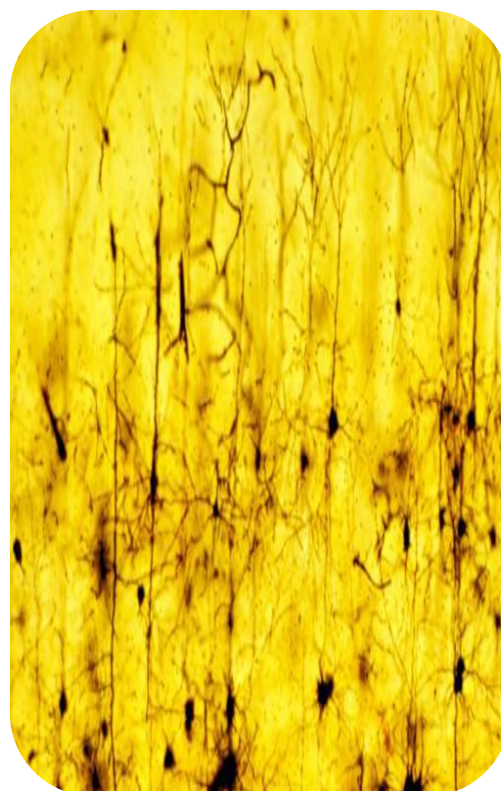


Figura 2.4 Fotomicrografía de corteza cerebral. Impregnación argéntica, método de Camilo Golgi. 100x. Tejido y sistema nervioso. César Eduardo Montalvo Arenas. Departamento de biología celular Universidad Nacional Autónoma de México

Cerebelo (14, 5, 10)

Su origen embriológico corresponde con el metencéfalo. Se localiza en la parte inferior y posterior de la cavidad craneana, detrás del puente de Varolio protuberancia anular, la otra parte correspondiente al metencéfalo. El cerebelo se une al tallo cerebral a través de tres cordones denominados **pedúnculos cerebelosos**:

- Fascículos inferiores: Se unen a la medula oblonga
- Fascículos medios: Se unen a la protuberancia anular
- Fascículos superiores: Se unen a los pedúnculos cerebrales y a la corteza cerebral.

La corteza cerebelosa está formada por dos estratos o capas: Capa molecular y capa granulosa. Mientras que la capa molecular es la más externa, la

granulosa se aloja en una posición más interna, separándose entre sí por una serie de células voluminosas denominadas **células de Purkinje** (figura 2.5) (figura 2-6).

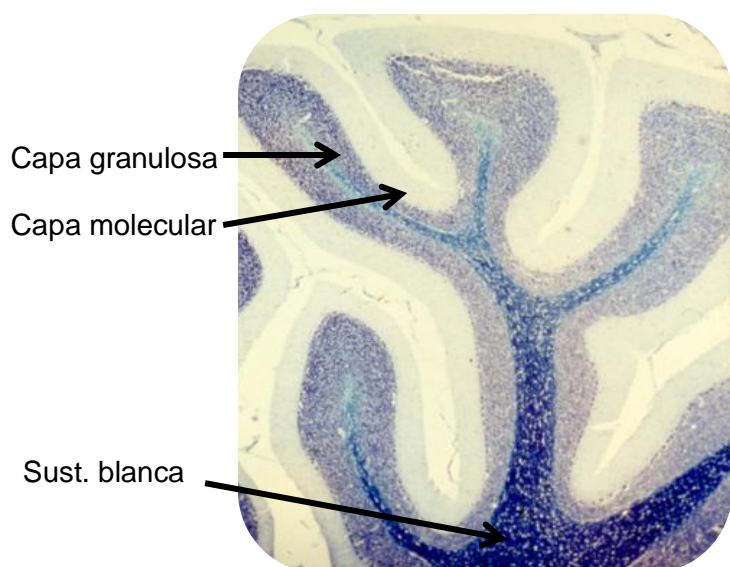


Figura 2.5 Fotomicrografía a menor aumento de una sección sagital del cerebelo. Tinción de Luxol Fast blue y Hematoxilina. Montalvo, C.E. Tejido y sistema nervioso. Departamento de biología celular Universidad Nacional Autónoma de México

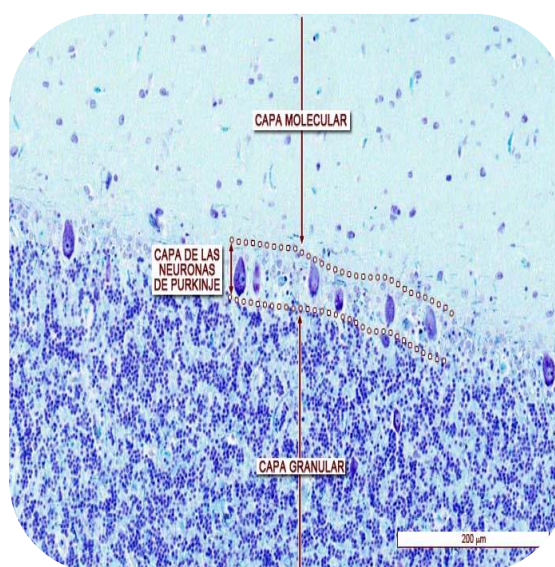


Figura 2.6 Citoarquitectura de corteza cerebelosa. Tinción de Kluver-Barrera. Universidad de Zaragoza. Apartado de histología.

- **Capa molecular:** Formada por neuronas estrelladas con ramificaciones de distintos tamaños y las denominadas células en canasta. En esta capa se pueden distinguir algunas ramificaciones de las dendritas de las células de Purkinje y algunos axones de las neuronas de la capa granular.
- **Células de Purkinje:** El **soma** de estas células es voluminoso y puede tener formas ovoides, piriformes, triangulares o semilunares. Las **dendritas** se originan desde la porción superior del cuerpo celular, a través de tres ramificaciones gruesas que más adelante se vuelven a dividir. Estas divisiones pueden clasificarse en primarias, secundarias, terciarias y ramúsculos. Además los espacios que se forman entre estas ramificaciones son ocupados por fibras, vasos sanguíneos y células estrelladas y gliales. El **axón** puede surgir de la parte inferior del soma o

en algunas ocasiones de las propias dendritas. Esta ramificación se extiende hasta la capa granulosa y normalmente llega hasta la sustancia blanca donde se aloja. La primera porción es amielínica y la segunda mielínica (figura 2.7).

- Capa granulosa: En esta sección se alojan las neuronas de menor tamaño del tejido nervioso. Como se ha mencionado anteriormente poseen unos axones que conectan con la capa molecular. Las ramificaciones dendríticas son escasas y cortas.



Figura 2.7 Cerebelo de pollo. Células de Purkinje de cuyo soma parte un axón delgado con ensanchamientos varicosos.
Neurohistología: lecciones básicas. L. Díaz-Flores. 1977.

MEDULA ESPINAL (14, 5, 20)

Parte del sistema nervioso central que se aloja en el canal vertebral, con estructura cilíndrica que comienza en el foramen magno (agujero occipital), continuando por el bulbo raquídeo y finalizando en la porción lumbar (1ª vertebral lumbar) (figura 2.8).

En la morfología de la medula espinal se destacan dos ensanchamientos, cervical y lumbar, además de un terminal cónico

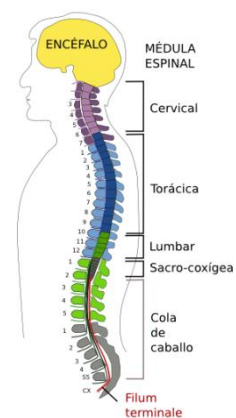


Figura 2.8 Esquema de las regiones de la médula espinal de humanos, presentes en el resto de vertebrados. Modificado de Puelles L, Martínez S, Martínez de la Torre. Neuroanatomía. Editorial Médica Panamericana. 2008

denominado como medular que se une al fondo de saco dural mediante el llamado “filum terminale”. A lo largo de toda la médula se distinguen **31 pares de nervios espinales** unidos tanto por las raíces anteriores o motoras como las posteriores o sensitivas.

Al igual que en el encéfalo la medula espinal está compuesta tanto por la **sustancia gris** como la **sustancia blanca**, sin embargo, en esta caso la sustancia gris se sitúa en la porción central, mientras que la blanca lo hace en la periférica. La sustancia gris rodea el conducto endimario y se extiende hacia la parte anterior y posterior por medio de las **astas**. Las astas posteriores se caracterizan por ser finas y alargadas, mientras que las anteriores son gruesas y cortas. Ambas se unen por medio de la sustancia gris periependimaria (zona central de la sustancia). La sustancia blanca puede dividirse en **cordones o columnas anteriores, posteriores o laterales**. La conformación de estas dos sustancias reproduce una imagen que recuerda a las alas de una mariposa (figura 2.9).

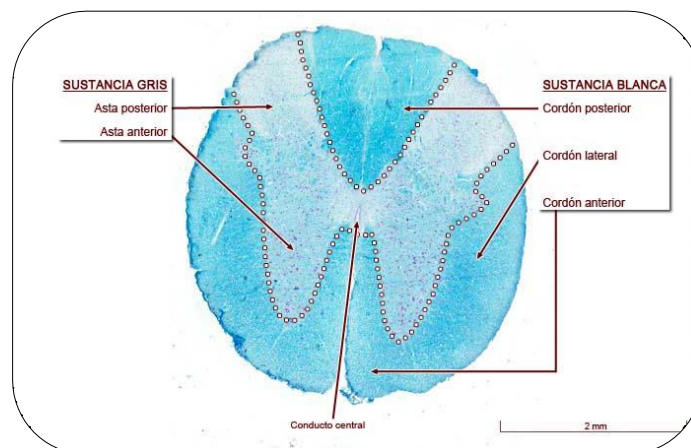


Figura 2.9 Citoarquitectura de medula espinal. Impregnación de Nissl. Universidad de Zaragoza. Apartado de histología

SISTEMA NERVIOSO PERIFÉRICO (14, 12, 20)

El sistema nervioso periférico corresponde a la parte que se encuentra fuera del encéfalo y médula espinal, es decir, sistema nervioso central. Este sistema se encarga de conectar todos los estímulos que recibe el cuerpo con el sistema nervioso central, y enviar la información que recibe de este último y

transmitírsele a los órganos correspondientes.

El sistema nervioso periférico se divide en **somático** y **vegetativo**. El sistema somático está relacionado con los movimientos voluntarios del músculo esquelético, mientras el vegetativo se encarga de los movimientos involuntarios a través del sistema nervioso simpático y parasimpático.

Este sistema recoge y transmite todos estos estímulos a través de los **12 nervios craneales** y los **31 nervios raquídeos o periféricos**. A su vez éstos últimos pueden agruparse en **plexos**, **ganglios** y **raíces nerviosas**. Los nervios que transmiten la información desde el sistema central al resto del organismo se denominan eferentes, mientras que los que llevan la información al sistema central se les denominan aferentes. Los nervios son estructuras cilíndricas, alargadas, en forma de cordones variables tanto en longitud como grosor, constituidos por prolongaciones neuronales, axónicas y dendríticas, (fibras nerviosas) revestidas o no de mielina. Los nervios se forman por varias fibras nerviosas que se unen formando fascículos o haces nerviosos. El tejido que rodea a las fibras nerviosas se denomina endoneuro, el que recubre los haces nerviosos perineuro y el que recubre todo el nervio epineuro (figura 3.1).

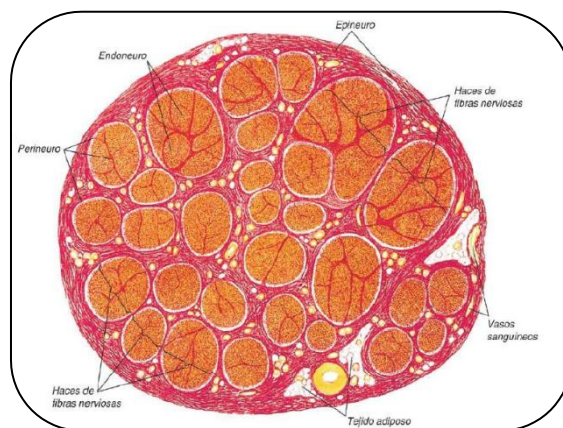


Figura 3.1 Representación esquemática de una sección transversal de un nervio. El tejido teñido con el tricómico de Van Gieson. Montalvo, C.E. Tejido y sistema nervioso. Universidad Nacional de México: Departamento de biología celular y tisular.

NERVIOS CRANEALES (14, 12)

Son 12 pares de nervios constituidos por prolongaciones de neuronas que forman núcleos de sustancia gris que se originan en el encéfalo. Los núcleos

de sustancia gris de los cuales salen las fibras nerviosas motoras se denominan núcleos de origen o motores y los núcleos a los cuales llegan fibras nerviosas sensitivas se denominan núcleos de terminación o sensitivos. Los pares de nervios se clasifican según el orden de salida de la superficie del encéfalo.

NERVIOS RAQUÍDEOS ^(14, 12)

Existen un total de 31 pares de nervios raquídeos o periféricos que se clasifican según su localización en la zona cervical (8), lumbar (12), torácica (5), sacra (5) y coxal (2), concretamente. Cada uno de estos nervios salvo el primer par cervical está formado por una raíz dorsal y una ventral.

Las **raíces dorsales** están formadas por fibras aferentes sensitivas y se encargan de la información sensitiva tanto somática como vegetativa. Las **raíces ventrales** se encargan de la musculatura estriada, la musculatura lisa y cardíaca y los ganglios periféricos, y participan en los movimientos tanto voluntarios como involuntarios de los músculos mencionados.

GANGLIOS NERVIOSOS ^(14, 12)

Los ganglios son estructuras que contienen los somas o cuerpos celulares de neuronas que se originaron en las crestas neurales y se trasladaron fuera del sistema nervioso central, tomando contacto con los diferentes órganos y tejidos del organismo. Podemos distinguir 2 tipos de ganglios:

- **Ganglios cerebroespinales** o **cefalorraquídeos** alojados en sitios próximos al encéfalo y medula espinal, formados por neuronas tipo “T” que presentan prolongaciones que se dirigen hacia los diferentes órganos y hacia el sistema nervioso central.
- **Ganglios viscerales** cercanos a los tejidos y órganos.

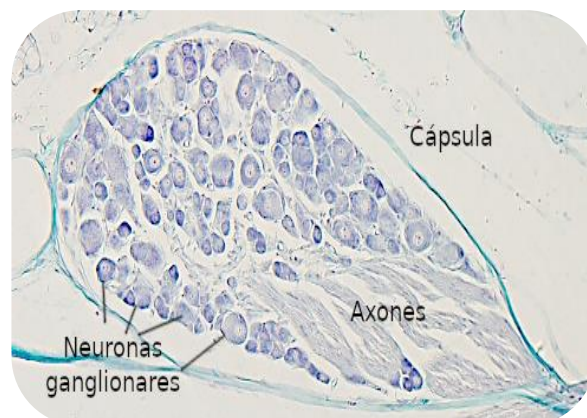


Figura 3.2 Ganglio raquídeo de rata.
Tricrómico de Mallory.
Megías M, Molist P, Pombal MA. (2019). Atlas de histología vegetal y animal. Tejidos animales. Universidad de Vigo.

CONCLUSIONES

El atlas histológico intenta ser una herramienta de ayuda para la enseñanza de la histología, materia integrada dentro de la asignatura de biología del grado de enfermería.

Dicha materia es excesivamente compleja y extensa, puesto que se trata de enseñar la estructura microscópica del ser humano, siendo la primera vez que el alumno se enfrenta en su formación universitaria con el análisis de imágenes bidimensionales, de las cuales tiene que extraer una información tridimensional.

Se ha intentado realizar un resumen que abarque la mayoría de los conceptos generales del estudio del tejido nervioso y a su vez, seleccionar la información e imágenes más precisas que supongan una recopilación lo suficientemente significativa para el apoyo a la docencia y el estudio.

El objetivo principal de este trabajo, consiste en elaborar un atlas microscópico de la estructura del cuerpo humano que sirva fundamentalmente a los estudiantes del grado de enfermería, cuando se enfrentan al estudio de esta materia.

Dicho atlas lo mostraremos en el campus virtual uva, dentro del curso de Biología del primer año del grado.

En un principio nuestra idea era que dicha colección de imágenes estuviera integrada en la página web de la biblioteca de las Facultades de Enfermería y Medicina, a disposición de todos los alumnos de los diversos grados que la visitan, para estudiar.

Esto no ha sido posible ya que necesitábamos de un software especial que no estaba a nuestro alcance, pero que en un futuro serviría para almacenar allí material de otras asignaturas como Estructura y Función del Cuerpo Humano e incluso la Microbiología que se imparte en la asignatura de Biología.

El objetivo principal que buscamos y que esperamos lograr en el futuro, será que este atlas sirva de apoyo al proceso de aprendizaje y comprensión del alumno que se enfrenta al estudio de esta materia.

BIBLIOGRAFÍA

1. Alicia H, López JJ, Fabián C. Histología médico-práctica. Barcelona: Elsevier; (2014). P 43 – 51.
2. Carrascal E. Universidad de Salamanca: Departamento de histología. Técnicas neurohistológicas. [Citado el 25 de Marzo de 2020]. Disponible en: <https://campus.usal.es/~histologia/histotec/neurotec/neurotec.htm>
3. Duarte, A. J. Historia de la Histología. Rev med hondur, [online]. Enero de 2015 [Citado el 13 Marzo de 2020]; Vol. 83, Nos. 1 y 2. Disponible en: <http://www.bvs.hn/RMH/pdf/2015/pdf/Vol83-1-2-2015-18.pdf>
4. Fawcett D.W. Tratado de histología. Bloom-fawcett. México: Interamericana, 11a ed. McGraw-Hill, (1990).
5. Gayoso MJ, Sánchez G, Aneiros J, Aguilar D. Ortiz G. Neurohistología: Lecciones básicas. V. I. Granada: L. Díaz-Flores y J. M. Spreáfico. (1977).
6. Geneser, F. Histología. Madrid: Editorial Médica Panamericana, 4ª Edición. (2015).
7. Gonzalez, M.A. Importancia de las imágenes mentales en el aprendizaje y el razonamiento: influencia de las imágenes espontáneas. Universidad de Santiago de Compostela, I jornadas de Psicología del pensamiento. (1998) [Citado el 14 Marzo de 2020]; (457-465).
8. Hanson, N.R. Patterns of discovery: An inquiry into the conceptual foundations of science. Cambridge University Press. (1958). [Citado el 14 Marzo de 2020].
9. Higbee, K. L. Su memoria. Cómo dominarla para recordar todo. Barcelona: Paidós Ibérica. (1991) [Citado el 13 Marzo de 2020].
10. Hill, M.A. UNSW Embryology AE Practical - Neural Histology. Hill, M.A. [Actualizado el 29 de Mayo de 2017; [citado el 18 de Abril de 2020]. Disponible en: https://embryology.med.unsw.edu.au/embryology/index.php/AE_Practical_-_Neural_Histology
11. Kierszenbaum A.L. Histología y Biología Celular. Introducción a la Anatomía Patológica. Ed. Elsevier. Saunders. 4ª Edición. 2016
12. Megías M, Molist P, Pombal MA. Universidad de Vigo: Departamento de

- Biología Funcional y Ciencias de la Salud. Atlas de histología vegetal y animal. (2019). [Citado el 13 de Marzo, 24 de Marzo de 2020, 6 de Abril de 2020 y 19 de Abril de 2020]. Disponible en: <http://mmegias.webs.uvigo.es/inicio.html>
13. Mejía D, Paredes F, Licona T, Salinas L. Histología: desde su origen hasta la actualidad. rceucs. 16 de ene de 2019 [citado 13 de marzo de 2020]; 3(1):47-. Disponible en: <https://www.lamiol.info/index.php/RCEUCS/article/view/7025>
 14. Montalvo C.E, Pasos F, Hernández R. Tejido y sistema nervioso. Universidad Nacional Autónoma de México: Departamento de biología celular. (2011).
 15. Oliveira, L. Elaboración de una base de datos de imágenes para la enseñanza de la histología animal. Facultad de Biología de Salamanca. (2015).
 16. Peresan, L, Adúriz , A. Los tejidos biológicos, una entidad compleja: desde la investigación científica a la transposición didáctica. Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas. Septiembre de 2017 [Citado el 14 Marzo de 2020]
 17. Rivas, M. P.; Chavira, R. C. T. & Ortiz, H. R. Adaptación de la técnica de impregnación argéntica de Llobart para la demostración de fibras nerviosas, en cualquier tejido en cortes porparafina. Int. J. Morphol. (2014). [Citado el 26 de Marzo de 2020]. 32(3):973-980.
 18. Ross M.H, Paulina W. Histología. Texto y Atlas .Correlación con Biología Celular y Molecular.. Ed.Lippincott. 7ª edición. (2015).
 19. Shaver, P., Pierson, L., Lang, S. Converging evidence for the functional significance of imagery in problem solving. Cognition. (1974-75) [Citado el 13 Marzo de 2020]; 3, 359-375.
 20. Snell;Ed. Neuroanatomía Clínica.;5ta ed. Facultad de Medicina y Ciencias de la salud Washington D.C: Editorial Médica Panamericana. (2003). Pág. 1-7.